

IV-297

対面交通トンネルにおける換気モデルの検討

東北大学 学生員 ○ 箕作 幸治

東北大学 正会員 武山 泰

1. はじめに

道路トンネルの換気において、一方向交通の縦流換気方式に関しては所要換気量等の評価手法はほぼ確立していると言える。ところが、現行の所要換気量の算定式では対面交通といった換気方式の異なったトンネルの所要換気量の評価や、自動車の速度や車頭時間の変動といったものを考慮することができない。

本研究では、対面交通トンネルにおいてトンネル内の排出ガス濃度分布およびその時間変動を評価し、それに基づく所要換気量を評価するためのモデルの検討を行った。そして、このモデルに基づくシミュレーションによるトンネル内の濃度変動と実際の対面交通トンネルでの実測値とを比較した。

2. 対面交通における換気モデル

一方向交通トンネルにおける換気モデルとして、図-1に示すようなモデルが考えられている。このモデルでは、トンネル内を微小区間に分割して考える。対象とするトンネルの微小区間 $i-1$, i , $i+1$ のそれぞれの濃度を C_{i-1} , C_i , C_{i+1} とする。微小区間内では濃度は一定であるとする。このとき、換気風によって区間 $i+1$ から区間 i に持ち込まれるばい煙量 q_i は、次の様に表される。

$$q_i = C_{i+1} \cdot Q$$

C_{i+1} : 区間 $i+1$ におけるばい煙濃度 [l/m]

Q : 換気風量 [m^3/s]

また、区間 i を自動車が通過する際にばい煙が排出されるので、その量を E_i とする。換気風によるばい煙の区間 i での収支を表すと次のような式となる。

$$C_{i-1} \cdot Q + E_i - C_i \cdot Q = dc \cdot A \cdot dx$$

A : トンネル断面積 [m^2]

dx : トンネル内の微小区間延長 [m]

dc : 区間 i での濃度変化

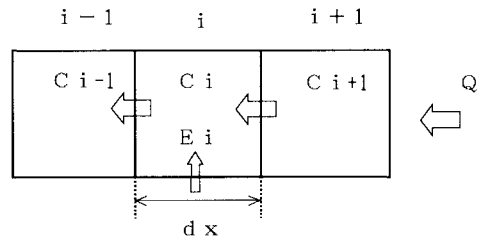


図-1 一方向交通における換気モデル

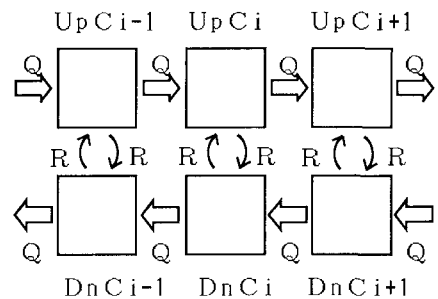


図-2 対面交通における換気モデル

今回、このモデルを拡張することによって対面交通に適用する。対面交通トンネル内での空気の流れは複雑で、対向する車線間での空気の流出入による混合作用が生じている。このことを考慮するために図-2のようにトンネル内を上下車線毎の微小区間に分割して考える。このとき、対象とするトンネルの微小区間 $i-1$, i , $i+1$ のそれぞれの車線毎の濃度を上りは UpC_{i-1} , UpC_i , UpC_{i+1} 、下りは DnC_{i-1} , DnC_i , DnC_{i+1} とする。このモデルにおいては、風向は車線毎に自動車の進行方向と同方向としている。区間 i での自動

車が排出するばい煙量を上りは UpE_i 、下りは DnE_i とする。上下車線間の混合については、下り車線から上り車線に持ち込まれるばい煙量を $DnC_i \cdot Q'$ とし、上り車線から下り車線に持ち出されるばい煙量を $UpC_i \cdot Q'$ とすると、 Q' は次の式で表される。

$$Q' = R \cdot H \cdot dx$$

R : 車線間の単位混合量 [m/s] H : トンネルの高さ [m]

以上のことから、換気風によるばい煙の区間 i での収支を表すと、次のような式となる。

$$UpC_{i-1} \cdot Q - UpC_i \cdot Q + UpE_i + DnC_i \cdot Q' - UpC_i \cdot Q' = dc \cdot A/2 \cdot dx$$

$$DnC_{i+1} \cdot Q - DnC_i \cdot Q + DnE_i + UpC_i \cdot Q' - DnC_i \cdot Q' = dc \cdot A/2 \cdot dx$$

3. 実測値とシミュレーションとの比較

まず、ある1日（92.6.24(水)）の透過率計の実測値から求められるばい煙濃度の時間変動を図-3に示す。ここで用いたデータは山形自動車道の白髭トンネル（2車線対面交通）で測定されたものであり、その値を5分毎にプロットした。

次に、図-2で示されるモデルを用いてシミュレーションを行なった。トンネル全体を上下車線毎に50個、計100個の微小区間に分割し、各微小区間内では濃度は一定であるとする。車からの排出量、換気風および車線間の混合による各微小区間毎のばい煙の収支計算を1秒毎に行う。トンネル内に進入する自動車は同日の1時間毎の実測データをもとに、対応する時間毎の交通量、大型車混入率をもとに乱数を用い車頭時間間隔を与えた。この際、乱数の中でも車頭時間分布に最適と思われるシフトした指数乱数を使用した。排出ガス（ばい煙）量に関しては、排出係数（小型車：0.218、大型車：3.59 単位[m^3/km])を与え変動係数を2.0とした対数正規乱数列により各自動車毎の排出ガス量を決定した。風向は車線毎に自動車の進行方向と同方向とし、風速はそれぞれ2[m/s]で一定とした。また、上下車線間の単位混合量 R は0.2[m/s]とした。図-4に、その結果を示す。

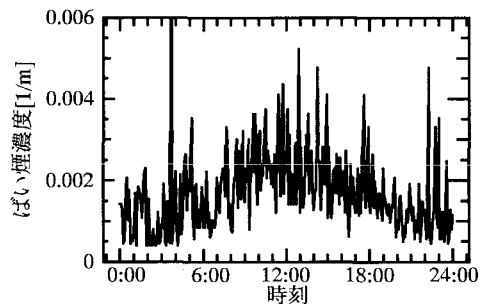


図-3 実測データから計算したばい煙濃度

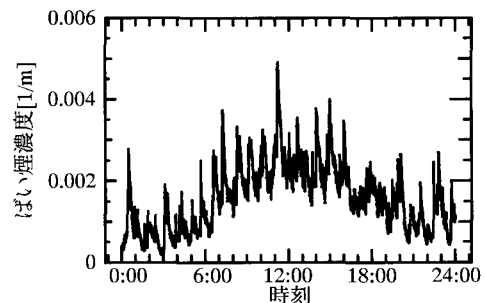


図-4 シミュレーションによる計算値

4. まとめ

本研究では、対面交通トンネルにおけるシミュレーションモデルを検討し、実測値との比較を行なった。今後、本換気モデルに基づいた所要換気量の算定方法について検討を進める予定である。また、掘割道路およびトンネルと掘割道路が組合わさった複雑な道路に対する評価も行う予定である。